

夏秋高温干旱对不同下种时间甘蔗产量性状的影响

吴炫柯¹, 贾若欣¹, 何 燕^{2*}, 蒋春云^{3*}, 韦剑锋⁴, 韦冬萍⁵, 刘志平²

1. 柳州市气象局/柳州市农业气象试验站, 广西柳州 545003; 2. 广西壮族自治区气象科学研究所, 广西南宁 530022;
3. 广西凤糖生化股份有限公司, 广西柳州 545002; 4. 广西科技大学, 广西柳州 545006; 5. 柳州工学院, 广西柳州 545616

摘 要: 近年来在全球气候变暖加剧的背景下, 广西极端天气频发, 夏秋高温少雨干旱发展加重, 严重影响甘蔗生产, 科学选择适宜的下种时间, 是应对夏秋干旱灾害的一个重要途径。本研究于 2021、2022 年在广西柳州沙塘国家农业气象试验站设置甘蔗农田试验点, 采用 3 个甘蔗品种, 2—5 月进行 7 期分期下种田间试验, 通过利用这 2 个年度典型的夏秋高温干旱年景, 研究夏秋高温干旱对不同下种时间甘蔗产量性状的影响。试验结果表明: (1) 在夏秋高温干旱年景条件下, 随着下种时间的延迟, 甘蔗收获期茎长、茎粗、单茎重、理论产量均呈现明显下降的趋势, 2021、2022 年下种时间 A₁ 各品种茎长为 178~227 cm, 茎粗为 27.6~30.3 mm, 单茎重为 1.05~1.42 kg, 下种时间 A₇ 各品种茎长仅为 76~145 cm, 茎粗为 21.5~30.0 mm, 单茎重为 0.26~0.85 kg; (2) 在 3 月种植的新植蔗, 理论产量在 76.65~104.10 t/hm² 之间, 甘蔗能利用前期比较适宜的气象条件, 缓解夏秋高温干旱对甘蔗的影响; 在 4—5 月期间种植的新植蔗, 受干旱影响较大, 其中 5 月 30 日下种理论产量仅为 18.90~63.75 t/hm², 甘蔗产量显著下降; (3) 甘蔗品种 ROC22 和 GL05136 在茎长、单茎重和理论产量方面比 GT42 有优势, 但是在茎粗方面 GT42 有优势, ROC22 和 GL05136 抗旱性较强。因此, 在夏秋高温干旱年景下, 选择适宜抗旱品种, 春种甘蔗尽量适时提早种植, 加快甘蔗前期生长进度; 在夏秋干旱来临之前, 获得健壮植株, 提高自身抗旱能力, 将气象灾害影响降到最低, 可达到高产、稳产的目的。

关键词: 甘蔗; 分期下种; 气象因子; 抗旱性; 高温干旱

中图分类号: S566.1 文献标志码: A

Effect of High Temperature and Drought in Summer and Autumn on Yield Traits of Sugarcane Planted at Different Planting Times

WU Xuanke¹, JIA Ruoxin¹, HE Yan^{2*}, JIANG Chunyun^{3*}, WEI Jianfeng⁴, WEI Dongping⁵, LIU Zhiping²

1. Liuzhou Meteorological Bureau / Liuzhou Agricultural Meteorological Experimental Station, Liuzhou, Guangxi 545003, China; 2. Guangxi Institute of Meteorological Science, Nanning, Guangxi 530022, China; 3. Guangxi Fengtang Biochemical Co., Ltd, Liuzhou, Guangxi 545002, China; 4. Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou, Guangxi 545006, China; 5. Liuzhou Institute of Technology, Liuzhou, Guangxi 545616, China

Abstract: In recent years, under the intensifying global warming, extreme weather has occurred more frequently in Guangxi, presenting higher temperature and less rainfall in summer and autumn. The worsened drought has seriously affected sugarcane production. Scientifically selecting an appropriate planting time is an important way to cope with the summer and autumn drought. A sugarcane field test was conducted at the Shatang National Agricultural Meteorological Experimental Station in Liuzhou, Guangxi in 2021 and 2022. By utilizing typical hot and dry seasons in summer and autumn, the field experiments were conducted with three sugarcane varieties and the seedcane were planted at seven different times from February to May to study the impact of summer and autumn hot and dry conditions on sugarcane yield traits at different planting times. The experimental results indicated that: (1) Under the conditions of high tem-

收稿日期 2024-07-28; 修回日期 2024-08-18

基金项目 广西自然科学基金项目 (No. 2020GXNSFAA159028, No. 2023GXNSFAA026450); 广西区气象局科研项目 (桂气科 2024M07)。

作者简介 吴炫柯 (1979—), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 农业气象。*通信作者 (Corresponding author): 蒋春云 (JIANG Chunyun), E-mail: chyjiang2006@163.com; 何 燕 (HE Yan), E-mail: heyan_gx@163.com。

perature and drought in summer and autumn, delayed planting tended to decrease the stalk length, stalk diameter, single stalk weight, and theoretical cane yield at harvest. Planting time A₁ in 2021 and 2022, the stalk length of each variety was 178–227 cm, stalk diameter was 27.6–30.3 mm, and single stalk weight was 1.05–1.42 kg, while planting time A₇, the stalk length was only 76–145 cm, stalk diameter was 21.5–30.0 mm, and single stalk weight was 0.26–0.85 kg. (2) Planting sugarcane in March resulted in the cane yield between 76.65 t/hm² and 104.10 t/hm². Sugarcane could utilize the favorable meteorological conditions at the early stages to alleviate the impact of summer and autumn heat and drought on sugarcane. The sugarcane crops planting from April to May was significantly affected by drought, Planting sugarcane on May 30th with a theoretical yield of only 18.90 t/hm² and 63.75 t/hm², resulting in a significant decrease in cane yield. (3) Sugarcane varieties ROC22 and GL05136 had advantages over GT42 in stalk length, single stalk weight, and cane yield, but GT42 had advantage in stalk thickness, meaning ROC22 and GL05136 having stronger drought resistance. Therefore, under the conditions of high temperature and drought in summer and autumn, suitable drought resistant sugarcane varieties should be selected, and sugarcane should be planted as early as possible to accelerate the early growth and development progress of sugarcane. Before the onset of summer and autumn drought, robust plants should be obtained to improve their drought resistance, in order to minimize the impact of meteorological disasters, and achieve high and stable yields.

Keywords: sugarcane; planting in installments; meteorological factors; drought resistance; high temperature and drought

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2025.01.014

在全球气候变暖越来越加剧的背景下, 极端异常天气频发。北方干旱已成为常态, 在南方湿润区域干旱也日趋加重, 季节性干旱时常发生, 对我国南方地区的农业生产造成巨大影响^[1-2], 广西甘蔗 80%~85%种植在没有灌溉条件的丘陵地带, 属于无灌溉条件的“雨养型”旱地甘蔗, 干旱已成为制约甘蔗产量和品质提升的重要因素^[3-4]。据统计, 2021、2022 年, 广西 7—10 月降水偏少, 比常年同期偏少 18.67%~35.76%, 气温显著偏高, 比常年同期偏高 0.61~0.73 °C, 高温干旱持续时间长, 危害程度重, 造成甘蔗大面积受害, 轻则导致甘蔗生长放缓, 重则直接死亡, 2021/2022 年榨季国内食糖减产 10.37%, 不利气候条件是减产的重要因子^[5], 2022/2023 年榨季, 因广西严重干旱, 国内食糖产量同比减少 6.17%, 减产严重^[6]。

为了应对干旱对甘蔗生长的影响, 前人进行了一系列试验和研究: 在品种选育上, 通过选育抗旱品种, 提高甘蔗自身的抗旱能力, 减轻干旱胁迫的影响^[7-8]; 在栽培管理措施上, 根据天气预报适时下种, 及时获得有效降雨能显著提高新植蔗出苗率^[9]; 通过蔗地深耕技术, 能提高土壤保水和蓄水能力, 促进甘蔗根系的生长, 加强根系的吸水能力, 提高甘蔗的抗旱性^[10]; 采用地膜覆盖、施用保水剂以及蔗叶覆盖还田, 能减少水分蒸发, 提高土壤含水量, 达到缓解干旱胁迫, 提高甘蔗产量的作用^[11-12]。前人对甘蔗抗旱性研究的成果对促进甘蔗产业的发展具有重要作用。通过科学选择适宜的下种时间, 使甘蔗能在干旱来

临之前利用比较适宜的气象条件获得较为健壮的植株以及强大的根系, 增强甘蔗抗旱能力, 缓解夏秋季高温干旱对甘蔗生产的影响, 是应对夏秋季干旱灾害的一个重要途径, 但此方面的研究报道尚少。本研究通过 2021、2022 年 2—5 月期间 3 个甘蔗品种, 每年 7 期的分期下种田间试验, 研究夏秋高温干旱对不同下种时间甘蔗产量性状的影响, 以期达到适时下种, 充分利用当地光、温、水等资源, 避免或减轻高温干旱极端灾害性天气对甘蔗生产的影响, 达到甘蔗生产高产、稳产、高糖、高效的目标。

1 材料与方法

1.1 材料

试验甘蔗品种: 新台糖 22 号、桂柳 05136 和桂糖 42 号, 分别编号为 ROC22、GL05136、GT42。甘蔗分期下种田间试验在广西柳州沙塘国家农业气象试验站内实施。试验站内设有常规气象观测站(柳州沙塘国家基本气象站); 甘蔗试验地段位于广西中北部(109°23'E, 24°28'N), 年平均气温为 20.2 °C, 年降雨量为 1446.5 mm, 年日照时数为 1412.2 h。广西柳州甘蔗种植时间主要在 3—4 月, 由于某些年份部分糖厂收榨时间较晚, 蔗农种植时间推迟在 5 月种植。因此根据广西甘蔗种植时间实际情况, 2021 年和 2022 年设置每年 7 期的甘蔗分期下种田间试验, 每个下种时间间隔为 15 d; 2021 年甘蔗试验收获时间为 2022 年 1 月 14 日, 2022 年甘蔗试验收获时间为 2023 年 1 月 5 日。

1.2 方法

2021 年甘蔗试验设置 7 个下种时间：（1）A₁（2021-03-01）；（2）A₂（2021-03-15）；（3）A₃（2021-03-30）；（4）A₄（2021-04-15）；（5）A₅（2021-04-30）；（6）A₆（2021-05-15）；（7）A₇（2021-05-30）。2022 年甘蔗试验 7 个下种时间：（1）B₁（2022-02-28）；（2）B₂（2022-03-15）；（3）B₃（2022-03-30）；（4）B₄（2022-04-15）；（5）B₅（2022-04-30）；（6）B₆（2022-05-15）；（7）B₇（2022-05-30）。甘蔗分期下种田间试验区设置以不同下种时间为主区，不同甘蔗品种为副区，试验小区长 10.0 m，宽 4.0 m，面积为 40 m²，3 个重复。甘蔗实行拖拉机开行种植，行距为 1.0 m，蔗沟宽 30 cm，蔗沟深 40 cm，人工挑选无病虫害的蔗茎下种，砍种方式为双芽段，下种量为 1.3 万芽/hm²，种植方法和田间管理等均按照当地大田常规生产管理进行，甘蔗生长过程无灌溉处理。

1.3 数据处理

参照国家农业气象观测规范进行甘蔗生长期、密度观测和甘蔗产量结构分析^[13]，根据甘蔗生长期观测规范标准，出苗期：锥状幼芽露出地面，长约 2.0 cm；茎伸长期：植株地面上出现主茎的第一个节，伸长的节间约 3.0 cm；工艺成熟期：枯黄叶增多，梢叶短小，茎的外皮干燥光滑，

蜡粉稀薄色淡，蔗汁呈淡黄色，断面中间显有灰白色小点，甘蔗上、下部锤度之比达 0.9~1.0，此时含糖量最高。在甘蔗种植行中，选择有代表性的 2~3 行，连续取 10 茎，砍下蔗茎，去梢、去叶、削根后进行产量结构分析，3 个重复。茎长（cm）：逐个量取茎的长度，求出平均值。茎粗（mm）：测量蔗茎最粗节间中部的最大直径，求出平均值。茎鲜重（kg）：称取样本总重量，求出平均值。甘蔗理论产量（g/m²）：理论产量=单茎鲜重×每平方米茎数（工艺成熟期）。气象数据来自柳州沙塘国家基本气象站。

2 结果与分析

2.1 2021、2022 年甘蔗生长关键期气象数据

从表 1 可知，2021、2022 年 7—10 月，沙塘国家基本站平均气温比历年高 1.2~1.5℃，降雨量比历年偏少 22%~32%，日照时数比历年偏多 13.4%~19.4%，7—10 月是甘蔗生长关键期，是产量形成的重要时期，也是需水量最大时期，降雨偏少对甘蔗产量影响较大。2021、2022 年属于比较典型的夏秋季节高温少雨的气候年景，本站年平均气温偏高，处于 1955—2023 年历史排名的第 1、2 位，降雨量偏少，排在历史 4、14 位。2023 年属于比较正常的气候年景，平均气温、降雨量与历年基本持平，7—10 月未出现明显夏秋干旱。

表 1 2021、2022 年 7 月 1 日至 10 月 31 日柳州沙塘气象因子及与历年比较

Tab. 1 Meteorological factors and comparison with previous years of Shatang in Liuzhou from July 1 to October 31 of 2021 and 2022

年份 Year	平均气温 Average temperature/℃	平均气温距平 Average temperature anomaly/℃	降雨量 Rainfall/mm	降雨距平 Rainfall anomaly/%	日照时数 Sunshine duration/h	日照距平 Sunshine anomaly/%
2021	27.6	1.5	388.0	-22	803.3	13.4
2022	27.3	1.2	337.3	-32	845.9	19.4
2023	26.6	0.4	479.2	-3.1	648.2	-8.5

2.2 不同下种时间甘蔗主要生长期出现时间和间隔天数

从表 2 可知，3 月种植甘蔗出苗时间在 4 月中旬至 5 月上旬；4 月种植甘蔗出苗时间在 5 月上、中旬；5 月种植出苗时间在 6 月上、中旬。3 月种植的甘蔗，茎伸长时间普遍出现在 6 月上、中旬；4 月种植的甘蔗，茎伸长时间普遍出现在 6 月下旬至 7 月上旬；5 月种植的甘蔗，茎伸长时间普遍出现在 7 月中旬至 8 月中旬。茎伸长-收获期，从下种时间 A₁ 的 209~218 d，到下种时间 A₇ 的 143~162 d。各下种时间生长进程出现一定的波

动，主要是由于在下种-出苗期、出苗-茎伸长期、茎伸长-收获期气象因子波动造成，在下种-出苗期，随着下种时间的延后，间隔时间有变小的趋势，在出苗-茎伸长期，则间隔时间规律不明显，在此期间高温干旱过程频繁出现是主要原因。

2.3 不同下种时间甘蔗生长进程降雨量和温度统计

从表 3 可知，下种-出苗期，出苗-茎伸长期，茎伸长-收获期，不同下种时间甘蔗生长期进程降雨量差异较大，前期降雨量较少，后期降雨量逐渐增大，在甘蔗需水较大时期（茎伸长-收获期），

表 2 不同下种时间甘蔗主要生长期出现时间和间隔时间
Tab. 2 Time and interval days of main growth stages of sugarcane at different planting times

下种时间 Planting time	出苗时间 Emergence date	下种-出苗期		出苗-茎伸长期		茎伸长-收获期	
		间隔时间 Planting-emergence interval days/d	茎伸长时间 Stalk elongation date	间隔时间 Emergence-stalk elongation inter- val days/d	收获时间 Harvest date	间隔时间 Stalk elonga- tion-harvest in- terval days/d	
A ₁	2021-04-15	45	2021-06-10	56	2022-01-14	218	
A ₂	2021-05-05	51	2021-06-20	46	2022-01-14	208	
A ₃	2021-05-10	41	2021-06-25	46	2022-01-14	203	
A ₄	2021-05-10	25	2021-06-30	51	2022-01-14	198	
A ₅	2021-05-20	20	2021-07-10	51	2022-01-14	188	
A ₆	2021-06-05	21	2021-07-15	40	2022-01-14	183	
A ₇	2021-06-20	21	2021-08-05	46	2022-01-14	162	
B ₁	2022-04-15	46	2022-06-10	56	2023-01-05	209	
B ₂	2022-04-13	29	2022-06-15	63	2023-01-05	204	
B ₃	2022-04-28	29	2022-06-20	53	2023-01-05	199	
B ₄	2022-05-05	20	2022-06-30	56	2023-01-05	189	
B ₅	2022-05-25	25	2022-07-10	46	2023-01-05	179	
B ₆	2022-06-05	21	2022-07-15	40	2023-01-05	174	
B ₇	2022-06-15	16	2022-08-15	61	2023-01-05	143	

表 3 不同下种时间甘蔗生长进程降雨量和温度统计
Tab. 3 Rainfall and temperature statistics of sugarcane development process at different sowing times

下种时间 Planting time	下种-出苗期		出苗-茎伸长期		茎伸长-收获期		下种-收获期	
	Planting-emergence		Emergence-stalk elongation		Stalk elongation-harvest		Planting-harvest	
	降雨量 Rain- fall/mm	平均气温 Average temperature /℃	降雨量 Rainfall/mm	平均气温 Average tem- perature/℃	降雨量 Rain- fall/mm	平均气温 Average tem- perature/℃	降雨量 Rain- fall/mm	平均气温 Average tem- perature/℃
A ₁	68.0	18.0	448.4	24.3	663.1	22.9	1179.5	7163.0
A ₂	194.6	20.5	276.3	26.8	658.3	22.5	1129.2	6958.3
A ₃	221.3	21.3	284.0	26.9	636.5	22.4	1141.8	6657.9
A ₄	207.1	23.4	372.8	27.0	573.0	22.3	1152.9	6377.4
A ₅	206.8	26.7	411.5	27.2	386.2	21.9	1004.5	6038.4
A ₆	209.7	24.7	278.8	28.5	386.2	21.5	874.7	5593.2
A ₇	78.8	27.3	288.3	29.7	370.0	20.3	737.1	5228.1
B ₁	92.3	18.9	397.1	22.5	793.8	23.2	1283.2	6978.2
B ₂	80.0	18.9	470.3	22.4	677.8	23.2	1228.1	6692.1
B ₃	58.1	20.6	547.2	23.6	604.0	22.9	1209.3	6405.3
B ₄	81.8	20.2	624.4	24.3	441.9	22.8	1148.1	6074.0
B ₅	151.9	20.9	757.3	25.9	204.2	22.6	1113.4	5759.3
B ₆	211.4	22.5	602.3	27.0	204.2	22.4	1017.9	5450.1
B ₇	180.3	26.4	520.1	28.0	157.7	21.1	858.1	5147.7

随着下种时间的延后，降雨量呈现逐渐减少的趋势。从温度方面看，下种-出苗期、出苗-茎伸长期都是下种时间越早平均气温越低，下种时间推迟平均气温越高。对于茎伸长-收获期，则呈现下

种时间越早平均气温越高的趋势。试验表明：较高的温度和较多降雨量有利于甘蔗出苗和茎伸长，尤其在茎伸长-收获期，较高温度配合充沛降雨量有利于甘蔗产量的提高。

2.4 不同下种时间甘蔗产量结构分析

由表 4 可知，随着下种时间推迟，甘蔗各品种茎长逐渐变短，A₁、B₁ 下种时间各品种茎长范围为 178~227 cm，A₇、B₇ 下种时间各品种茎长范围为 76~145 cm；A₁、B₁ 下种时间各品种茎粗范围为 27.6~30.3 mm，A₇、B₇ 下种时间各品种茎粗范围为 21.5~30.0 mm。

表 4 不同下种时间甘蔗产量结构分析
Tab. 4 Analysis of yield structure in sugarcane planted at different times

下种时间 Planting time	品种 Varieties	茎长 Stalk length/cm	茎粗 Stalk thickness/mm	单茎重 Stalk weight/kg	甘蔗理论产量 Theoretical cane yield/(t·hm ²)	相比常年产量 Yield over common production/%
A ₁	ROC22	227 ^a	27.6 ^b	1.30 ^a	104.10 ^a	39
	GT42	208 ^b	30.3 ^a	1.23 ^a	96.00 ^a	28
	GL05136	222 ^a	27.8 ^b	1.42 ^a	99.45 ^a	33
B ₁	ROC22	195 ^a	29.8 ^a	1.37 ^a	96.00 ^a	28
	GT42	189 ^a	29.4 ^a	1.14 ^b	79.80 ^b	6
	GL05136	178 ^a	30.0 ^a	1.05 ^b	76.65 ^b	2
A ₂	ROC22	212 ^a	26.3 ^b	1.26 ^a	98.40 ^a	31
	GT42	185 ^b	28.9 ^a	1.08 ^a	81.00 ^a	8
	GL05136	187 ^b	28.9 ^a	1.23 ^a	86.10 ^a	15
B ₂	ROC22	197 ^a	25.5 ^c	1.15 ^a	74.85 ^a	0
	GT42	181 ^b	28.2 ^a	1.12 ^{ab}	72.90 ^a	-3
	GL05136	190 ^a	27.4 ^b	1.04 ^b	78.00 ^a	4
A ₃	ROC22	180 ^a	27.6 ^b	1.16 ^a	87.00 ^a	16
	GT42	170 ^b	29.3 ^a	1.02 ^a	79.65 ^a	6
	GL05136	181 ^a	28.3 ^{ab}	1.15 ^a	80.55 ^a	7
B ₃	ROC22	170 ^b	28.9 ^a	1.12 ^a	61.65 ^b	-18
	GT42	168 ^b	30.4 ^a	1.17 ^a	62.10 ^b	-17
	GL05136	200 ^a	30.3 ^a	1.22 ^a	85.50 ^a	14
A ₄	ROC22	181 ^a	29.5 ^b	1.23 ^a	73.80 ^a	-2
	GT42	170 ^a	31.4 ^a	1.11 ^a	77.70 ^a	4
	GL05136	178 ^a	30.6 ^{ab}	1.18 ^a	70.80 ^a	-6
B ₄	ROC22	171 ^a	29.0 ^a	1.24 ^a	86.85 ^a	16
	GT42	146 ^b	29.4 ^a	1.03 ^b	67.05 ^b	-11
	GL05136	157 ^{ab}	29.2 ^a	1.00 ^b	85.05 ^a	13
A ₅	ROC22	164 ^a	25.4 ^b	0.81 ^{ab}	60.75 ^{ab}	-19
	GT42	140 ^b	25.4 ^b	0.65 ^b	47.40 ^b	-37
	GL05136	173 ^a	26.8 ^a	0.97 ^a	67.95 ^a	-9
B ₅	ROC22	145 ^a	28.8 ^a	0.91 ^a	68.25 ^a	-9
	GT42	131 ^a	30.7 ^a	0.93 ^a	55.80 ^b	-26
	GL05136	137 ^a	27.9 ^a	0.92 ^a	73.65 ^a	-2
A ₆	ROC22	156 ^a	25.0 ^b	0.82 ^a	57.45 ^a	-23
	GT42	118 ^c	24.9 ^b	0.55 ^c	41.25 ^c	-45
	GL05136	128 ^b	26.2 ^a	0.71 ^b	49.65 ^b	-34
B ₆	ROC22	158 ^a	30.0 ^a	1.03 ^a	56.70 ^b	-24
	GT42	119 ^b	30.3 ^a	0.82 ^b	45.15 ^b	-40
	GL05136	119 ^b	30.0 ^a	0.82 ^b	61.50 ^a	-18
A ₇	ROC22	145 ^a	26.9 ^b	0.85 ^a	63.75 ^a	-15
	GT42	108 ^c	26.8 ^b	0.61 ^c	42.75 ^c	-43
	GL05136	114 ^b	30.0 ^a	0.73 ^b	54.75 ^b	-27
B ₇	ROC22	76 ^b	21.5 ^b	0.26 ^b	19.50 ^b	-74
	GT42	76 ^b	23.7 ^{ab}	0.29 ^b	18.90 ^b	-75
	GL05136	96 ^a	24.5 ^a	0.45 ^a	36.00 ^a	-52

注：不同小写字母表示处理间差异显著（ $P<0.05$ ）。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference among treatments ($P<0.05$).

21.5~30.0 mm; 单茎重呈现变小的趋势, A_1 、 B_1 下种时间各品种单茎重范围为 1.05~1.42 kg, A_7 、 B_7 下种时间各品种单茎重范围为 0.26~0.85 kg; 从理论产量看, 随着种植时间的延迟, 甘蔗产量也呈现减少的趋势, A_1 、 B_1 下种时间各品种理论产量为 76.65~104.10 t/hm², A_7 、 B_7 下种时间各品种理论产量为 18.90~63.75 t/hm², 理论产量下降明显。

从品种茎长来看, 2021 年, A_3 、 A_5 下种时间品种 GL05136 茎长最长, 其余下种时间均是 ROC22 最长; 2022 年, B_3 、 B_7 下种时间品种 GL05136 茎长最长, 其余下种时间均是 ROC22 茎长最长。各下种时间品种茎长比较: ROC22>GL05136>GT42。

从品种茎粗来看, 2021 年, A_5 、 A_6 、 A_7 下种时间品种 GL05136 茎粗最粗, 其余下种时间均是品种 GT42 茎粗最粗; 2022 年, B_1 、 B_7 下种时间品种 GL05136 茎粗最粗, 其余各下种时间也均是品种 GT42 茎粗最粗。各下种时间品种茎粗比较: GT42>GL05136>ROC22。

从单茎重来看, 2021 年, A_1 、 A_5 下种时间品种 GL05136 单茎重最高, 其余下种时间均是品种 ROC22 单茎重最高; 2022 年, B_3 、 B_7 下种时间品种 GL05136 单茎重最高, 其余下种时间也均是品种 ROC22 单茎重最高。各下种时间品种单茎重比较: ROC22>GL05136>GT42。

从理论产量来看, 2021 年, 除下种时间 A_4 、 A_5 外, 其余下种时间均是品种 ROC22 理论产量最高; 2022 年, B_1 、 B_4 下种时间品种 ROC22 理论产量最高, 其余下种时间均是品种 GL05136 理论产量最高。各下种时间品种理论产量比较: ROC22>GL05136>GT42。

理论产量与当地常年甘蔗产量比较 (当地常年甘蔗产量数据来源于沙塘镇统计站, 产量为 75.0 t/hm²), A_1 和 B_1 下种时间甘蔗产量与本地常年平均产量相比均偏高, 其中 2021、2022 年分别比常年产量偏高 28%~39%和 2%~28%; A_7 和 B_7 下种时间甘蔗产量与本地常年平均产量相比均显著偏低, 其中 A_7 、 B_7 下种时间甘蔗产量比常年产量分别偏低 15%~43%和 52%~75%, 产量显著下降。

3 讨论

通过在广西柳州沙塘国家农业气象试验站开展 2021、2022 年每年 7 期的 3 个甘蔗品种甘蔗分

期下种田间试验以及 2023 年 2 期的验证试验, 利用 2021、2022 年比较典型的夏秋高温干旱气候年景, 以及 2023 年比较正常的气候年景, 研究夏秋高温干旱等气象条件对不同下种时间甘蔗产量性状的影响, 结果表明:

(1) 在当地条件下, 甘蔗种植时间越早, 相应的出苗和茎伸长时间越早, 整个生长期越长。不同下种时间的甘蔗, 在 10 月以后气温凉爽、昼夜温差加大, 甘蔗生长放缓, 糖分快速积累, 甘蔗蔗糖糖分增加。

(2) 不同下种时间甘蔗的生长与降雨量和温度有关。较高的温度和降雨条件有利于甘蔗的出苗和茎伸长, 特别是在茎伸长至收获期, 较高的温度和降雨量有利于提高甘蔗产量。

(3) 在夏秋高温干旱的气候年景条件下, 随着下种时间的延迟, 甘蔗各生长期相应延迟, 生长期之间间隔时间缩短, 在收获期甘蔗茎长、茎粗、单茎重、理论产量呈现下降的趋势。

(4) 在 3 月种植新植蔗, 甘蔗产量在 76.65~104.10 t/hm² 之间, 甘蔗能利用春季较为充沛的降雨和适宜的温度获得较为健壮的植株, 在一定程度上缓解夏秋高温干旱对甘蔗生长的影响, 获得比较稳定和较高的产量; 在 4—5 月期间种植新植蔗, 受夏秋干旱影响较大, 甘蔗产量显著下降。

(5) 甘蔗品种 ROC22、GL05136 在茎长、单茎重、产量方面比品种 GT42 要高, 但是在茎粗方面, 品种 GT42 比 ROC22、GL05136 茎粗要粗; 从产量性状分析, 品种 ROC22、GL05136 抗旱性较强。

下种时间的延迟会导致甘蔗生长期的缩短, 造成甘蔗产量一定下降, 但不是主要的原因, 主要原因是在甘蔗茎伸长期, 遭遇到高温干旱的影响, 造成产量显著下降。本项目组在比较正常气候年景的 2023 年进行了甘蔗验证试验, 即分别在 2023 年 3 月 1 日下种和 5 月 31 日下种, 收获期在 2024 年 1 月 10 日, 3 个甘蔗品种 ROC22、GT42、GL05136 平均产量分别为 100.71 t/hm² (3 月 1 日下种)、86.22 t/hm² (5 月 31 日下种), 均能获得较高的甘蔗产量, 比 2021、2022 年 A_1 、 B_1 , 平均产量 99.85 t/hm²、84.15 t/hm² 分别提高 0.86%、19.7%; 比 2021、2022 年 A_7 、 B_7 , 平均产量 53.75 t/hm²、24.80 t/hm² 分别提高 60.4%、239.3%。2023 年 7—10 月为比较正常的气候年景, 在甘蔗茎伸长期气象条件比较适宜, 平均气温为

26.6℃,比历年偏高 0.4℃,降雨量为 479.2 mm,比历年稍偏少 3.1%,夏秋季节降雨比较均匀,没有出现明显的夏秋干旱,比较适宜的温度和均衡的降雨有利于甘蔗的生长和产量的稳定提高。验证试验结果表明:在正常的气候年景条件下,即使甘蔗下种时间延迟,利用比较好的水分、温度气象条件,甘蔗也能获得较高的产量。由于甘蔗下种时间延迟,引起生长期缩短,导致甘蔗产量下降,但是对于夏秋干旱年景的 2021 年和 2022 年,导致甘蔗产量下降十分显著,而对于比较正常气候年景的 2023 年,导致甘蔗产量下降并不显著;说明下种时间的延迟导致甘蔗生长期的缩短,会造成甘蔗产量一定下降,但是甘蔗产量的主要波动是高温干旱造成。

2021 年和 2022 年典型的夏秋高温干旱年份, A₁ 和 B₁ 种植的甘蔗理论产量能够达到 76.65~104.10 t/hm²,获得比较高的产量,种植时间都比当地历年种植时间偏早(据沙塘国家农业气象试验站统计,当地历年新植蔗平均下种时间为 3 月 22 日),由于种植时间早,甘蔗出苗、茎伸长时间相应提前,能够利用前期比较适合的光温水条件,在夏秋季干旱来临之前,甘蔗植株能够长高长壮,特别是根系下扎较深,增强甘蔗的抗旱能力,利于甘蔗产量的形成。2021 年和 2022 年 5~7 期,随着甘蔗种植时间的推迟,产量逐渐降低,其主要原因是在甘蔗茎伸长期受到高温干旱的影响,甘蔗受害加重,甘蔗植株生长缓慢,植株矮小,根系较浅,抗旱能力较弱,部分植株或叶片干枯死亡,不利于甘蔗生长和产量的提高,造成甘蔗减产严重。通过分期下种试验,说明在广西气候背景条件下,选择适宜的下种时间,可以避免或明显减轻高温干旱极端灾害性天气对甘蔗生产及产量的影响。

在甘蔗品种抗旱比较上,综合来说,ROC22、GL05136 这 2 个甘蔗品种在茎长、单茎重和产量方面比 GT42 有优势,但是在茎粗方面 GT42 比 ROC22、GL05136 有优势。ROC22 和 GL05136 产量比较,在偏早和正常下种期内,ROC22 相对 GL05136 产量更高,在偏晚下种期内,则 GL05136 产量比 ROC22 高,说明 ROC22 在整个生长期具有出苗早,长势旺,茎长、单茎重高,全生育期抗旱能力强的特点,GL05136 则具有部分生长期抗旱能力强的特点,特别是夏秋季高温干旱条件下,GL05136 具有较好的抗旱能力,与李晓君等^[14]

的研究一致。柳州蔗区地处于广西蔗区北面,在甘蔗工艺成熟期还易受到霜冻、低温冷害的影响,造成甘蔗叶片枯萎、蔗芽和生长点冻坏、茎秆坏死以致蔗糖含量、甘蔗产量下降,受害的甘蔗还会影响甘蔗的留种以及第二年宿根蔗的发株情况,ROC22 和 GT42 的耐寒性相对 GL05136 较差些,易受到霜冻和低温冷害的影响。

综上所述,随着人类活动的影响,全球气候变暖加剧,极端天气频发,根据中国气候变化蓝皮书报告(2022),未来极端高温天气将会进一步加剧^[15],在高温干旱灾害日益加剧的情况下,加强甘蔗防旱抗旱减灾研究尤其重要。广西春植甘蔗种植时间大约是 2—4 月,主要种植在旱坡地,土壤浅薄,保水、保肥能力较差^[16],夏秋季高温干旱极易影响甘蔗正常生长造成甘蔗减产甚至绝收,为了应对夏秋高温干旱对生长和甘蔗产量的影响,春种甘蔗应选择抗旱性较强的甘蔗品种,尽量适时提早种植,最好在 2—3 月种植并加盖地膜,及时做好甘蔗防寒工作,利用春季温暖湿润的季节早生快长,加快甘蔗生长进度,获得较长的生长时间,在夏秋干旱来临之前,甘蔗能够获得健壮的植株,进一步提高甘蔗抗旱能力,最终提高甘蔗产量。

参考文献

- [1] 黄维,姚裕群,段居琦,刘永裕,吴炫柯,韦剑锋. 1961—2020 年广西甘蔗干旱的时空变化特征分析[J]. 西南农业学报, 2022, 35(5): 1193-1201.
HUANG W, YAO Y Q, DUAN J Q, LIU Y Y, WU X K, WEI J F. Temporal and spatial characteristic of sugarcane drought in Guangxi during 1961—2020[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2022, 35(5): 1193-1201. (in Chinese)
- [2] 姚玉璧,王莺,王劲松. 气候变暖背景下中国南方干旱灾害风险特征及对策[J]. 生态环境学报, 2016, 25(3): 432-439.
YAO Y B, WANG Y, WANG J S. Characteristic and countermeasures of drought risk in south China under the background of climate warming[J]. Ecology and Environment Sciences, 2016, 25(3): 432-439. (in Chinese)
- [3] 农倩,谢金兰,林丽,莫璋红,王泽平,宋修鹏,李长宁. 干旱胁迫下外源 ABA 对甘蔗幼苗生理特性和基因表达的影响[J]. 热带作物学报, 2023, 44(3): 553-561.
NONG Q, XIE J L, LIN L, MO Z H, WANG Z P, SONG X P, LI C N. Effects of exogenous ABA on physiological characteristics and gene expression in sugarcane seedlings

- under drought stress[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2023, 44(3): 553-561. (in Chinese)
- [4] 安东升, 严程明, 陈炫, 徐磊, 刘洋, 苏俊波, 孔冉, 窦美安. 季节性干旱下农艺节水措施对甘蔗生长和产量的影响[J]. 热带作物学报, 2021, 42(4): 991-999.
AN D S, YAN C M, CHEN X, XU L, LIU Y, SU J B, KONG R, DOU M A. Effect of agronomic water saving measures on growth and yield of sugarcane under seasonal drought[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2021, 42(4): 991-999. (in Chinese)
- [5] 刘晓雪, 邹志军, 周靖昀. 2021/22 年榨季国内外食糖市场回顾与 2022/23 年榨季展望[J]. 甘蔗糖业, 2022, 51(4): 54-65.
LIU X X, WU Z J, ZHOU J Y. Domestic and foreign sugar markets in 2021/22 crushing season and their prospect for 2022/23 crushing season[J]. Sugarcane and Canesugar, 2022, 51(4): 54-65. (in Chinese)
- [6] 刘晓雪, 蒙威宇, 李维. 2022/23 年榨季国内外食糖市场回顾与 2023/24 年榨季展望[J]. 甘蔗糖业, 2023, 52(6): 69-83.
LIU X X, MENG W Y, LI W. Domestic and foreign sugar markets in 2022/23 crushing season and their prospect for 2023/24 crushing season[J]. Sugarcane and Canesugar, 2023, 52(6): 69-83. (in Chinese)
- [7] 李海碧, 周会, 韦金菊, 桂意云, 祝开, 张荣华, 杨荣仲, 刘昔辉. 甘蔗常用亲本的田间抗旱指标筛选及抗旱性评价[J]. 南方农业学报, 2023, 54(1): 46-55.
LI H B, ZHOU H, WEI J J, GUI Y Y, ZHU K, ZHANG R H, YANG R Z, LIU X H. Drought resistance index screening and drought resistance evaluation of commonly-used sugarcane parents in field[J]. Journal of Southern Agriculture, 2023, 54(1): 46-55. (in Chinese)
- [8] 刘三梅, 杨清辉, 李秀年, 黄桂萍, 肖关丽. 不同生育时期干旱胁迫对甘蔗形态指标及生理特性的影响[J]. 南方农业学报, 2016, 47(8): 1273-1278.
LIU S M, YANG Q H, LI X N, HUANG G P, XIAO G L. Effects of drought stress on morphological index and physiological characteristics of sugarcane at different growth stages[J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47(8): 1273-1278. (in Chinese)
- [9] 吴炫柯, 马冬晨, 黄维, 刘永裕, 韦剑锋, 姚裕群. 气象因子对甘蔗种茎出苗率以及苗期生长的影响[J]. 热带作物学报, 2022, 43(7): 1411-1416.
WU X K, MA D C, HUANG W, LIU Y Y, WEI J F, YAO Y Q. Effects of meteorological factors on the emergence rate and seedling growth of sugarcane[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2022, 43(7): 1411-1416. (in Chinese)
- [10] 朱俊吉. 甘蔗种植机械化深耕深松技术及其推广应用[J]. 广西农业机械化, 2023(3): 14-16.
ZHU J J. Mechanized deep tillage and deep loosening technology for sugarcane cultivation and its promotion and application[J]. Guangxi Agricultural Mechanization, 2023(3): 14-16. (in Chinese)
- [11] 李晓君, 奎晓亮, 周文吉, 周启武, 张焱珍, 王文荣. 临沧市甘蔗抗旱栽培初试[J]. 甘蔗糖业, 2016(2): 37-40.
LI X J, KUI X L, ZHOU W J, ZHOU Q W, ZHANG Y Z, WANG W R. Preliminary experiment of sugarcane cultivation for drought resistance in Lincang[J]. Sugarcane and Canesugar, 2016(2): 37-40. (in Chinese)
- [12] 马泽辉, 薛晶, 张会华, 何文志, 王定权. 不同覆盖模式对宿根甘蔗农艺性状和产量的影响[J]. 热带农业科技, 2014, 37(1): 28-29.
MA Z H, XUE J, ZHANG H H, HE W Z, WANG D Q. The effect of different cover patterns on agronomic traits and yield of ratoon sugarcane[J]. Tropical Agricultural Science & Technology, 2014, 37(1): 28-29. (in Chinese)
- [13] 国家气象局. 农业气象观测规范(上卷)[M]. 北京: 气象出版社, 1993.
National Meteorological Administration. Norms for agricultural meteorological observations (volume 1)[M]. Beijing: Meteorological Publishing House, 1993. (in Chinese)
- [14] 李晓君, 罗正清, 陆昌强, 唐吉昌, 周中, 曹琦. 20 个甘蔗品种(系)的抗旱性比较[J]. 热带作物学报, 2020, 41(12): 2482-2491.
LI X J, LUO Z Q, LU C Q, TANG J C, ZHOU Z, CAO Q. Evaluation of drought resistance on twenty sugarcane varieties (strains)[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41(12): 2482-2491. (in Chinese)
- [15] 中国气象局. 中国气候变化蓝皮书(2022)[M]. 北京: 科学出版社, 2022.
China Meteorological Administration. Blue book on climate change in China 2022[M]. Beijing: Science Press, 2022. (in Chinese)
- [16] 周蕊, 郭纯青, 潘林艳. 中国西南岩溶区多因素组合下旱涝灾害分析[J]. 中国农村水利水电, 2015(4): 101-104.
ZHOU R, GUO C Q, PAN L Y. Research on the formation mechanism with multiple factors of drought and flood disasters in karst area of southwest China[J]. China Rural Water and Hydropower, 2015(4): 101-104. (in Chinese)